

# 克克齐矿区铜矿床地质、地球物理特征及找矿远景<sup>①</sup>

胡 萍

(内蒙古自治区有色地勘局512队, 内蒙 包头 014040)

**摘 要:**克克齐矿区铜矿床分别产于石炭系中统本巴图组二岩段及上统阿木山组二岩段的海相火山碎屑沉积岩中, 地表以铁帽的形式存在, 岩石见褐铁矿化, 探槽中可见有孔雀石。该铜矿床的成因类型是海相火山岩型。地下铜矿体的上方有明显的激电异常反映, 激电异常应是本区寻找赋存在海相火山碎屑岩地层中铜矿体的找矿有利标志。文章论述了铜矿床所处的区域地质背景、矿区和矿床(体)地质特征、地球物理特征, 初步分析了引起矿致异常的条件和因素, 对异常进行了评价, 并提出了找矿建议。

**关键词:**铜矿床; 找矿远景; 地质特征; 地球物理特征; 克克齐

**中图分类号:**P618.41      **文献标识码:**A      **文章编号:**1001-5663(2007)05-0567-06

## 0 前言

克克齐矿区位于内蒙古自治区包头市达茂旗北部渣干淖尔苏木境内的中蒙边界附近, 隶属达茂旗管辖。根据内蒙古自治区《2004年地质矿产勘查项目专家意见论证书》精神, 内蒙古自治区有色地质勘查局五一二队在该区开展了铜矿地质普查工作。

克克齐铜矿是内蒙古地质局乌盟地质队1959年在查干哈达一带开展铜矿普查时发现的一个铜矿点。1960~1984年间, 先后有三个地质单位进行过普查工作, 求得C<sub>2</sub>级黄铁矿储量 $24.7 \times 10^4$ t, 同时求得C<sub>2</sub>级铜储量5194t。但总体而言, 工作程度不高, 基础地质工作薄弱, 铜矿找矿只是进行到了浅部工程揭露和评价阶段, 在找矿方法和手段上, 因受技术条件所限, 其寻找隐伏矿体或盲矿体的综合勘查方法尚不完善。

2004年以来, 我队在前人工作的基础上, 重新对矿区前人资料进行了收集整理和综合研究, 通过对矿区作补充勘查工作, 加强了对矿区内地层、构造、岩浆岩特征及与成矿关系的研究, 针对性地对已知地质体的含矿性情况及矿化带范围、蚀变特征进行了深入的研究, 并投入槽井、钻探等探矿工程。同时, 就2005年度内物探激电中梯法测量所圈定的异常进行查证评价。深化对成矿规律的认识, 拓宽找矿思路, 运用地质和地球物理勘查相结合的方法, 在克克齐矿区进行深

部综合物探勘查, 圈定异常后, 分析异常与地质构造、控矿因素之间的生成联系, 确定出矿致异常, 然后进行坑探验证, 获得了较好的找矿效果。从此打开了该区的找矿局面, 使原有的矿床规模有了较大的扩展。本文在对该矿地质特征、物理特征进行简要叙述的基础上, 初步分析了引起矿致异常的条件和因素, 对异常进行了评价, 并提出了下一步找矿建议。

## 1 区域地质背景

本区大地构造位置位于内蒙古中部晚华力西地槽褶皱带哲斯复向斜的西段, 索伦敖包~阿鲁科尔沁旗深断裂西端北侧, 亦属华北板块西段北缘古生代褶皱带组成部分。该区与古生代构造—岩浆活动有关的矿产较为丰富, 属内蒙古索伦山有色金属成矿亚带。

区内出露地层主要为上古生界石炭系中统本巴图组(C<sub>2b</sub>)、上统阿木山组(C<sub>3a</sub>), 二叠系下统包特格组(P<sub>1bt</sub>), 中生界侏罗系、白垩系。石炭系为一套浅变质基性—酸性海相火山碎屑岩沉积岩建造。

区域构造主要表现为褶皱和断裂构造两种, 构造走向以NE向和NW向为主, SN向次之。尤以NE向褶皱构造的控矿作用最为明显, 矿化蚀变大多发生在背斜及向斜的两翼靠近核部, 这些地段往往有良好的容矿空间。断裂构造极为发育, 以NE向断裂为主, 且

<sup>①</sup> 收稿日期: 2007-03-25 作者简介: 胡 萍(1964—), 女, 云南会泽县人, 工程师, 主要从事地质找矿勘查与技术管理。

规模较大,多为逆断层,少数为正断层。

区内岩浆岩较发育,从超基性岩至基性岩,再到中、酸性岩均有分布,形成时代主要为华力西晚期,岩性主要有辉石橄榄岩、二辉橄榄岩、蚀变玄武岩、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、二长花岗岩、花岗斑岩、二长斑岩等,其中,规模较大的中、酸性岩如斜长花岗岩、闪长岩主要分布于克克齐矿区的西

北部,超基性岩分布范围也较大,具有明显地呈NE向带状分布的特点。

区内矿产较为丰富,以铜多金属矿产为主,由西至东依次分布有克克齐铜(硫铁)矿、忽舍铜-铁-锰矿点、哈尔陶勒盖铜-锌矿点、哈纳铜矿点、东道乌素铜矿点、白音塔拉铜-铅-锌矿点等。成因类型主要为海相火山岩块状硫化物型(黄铁矿型)。

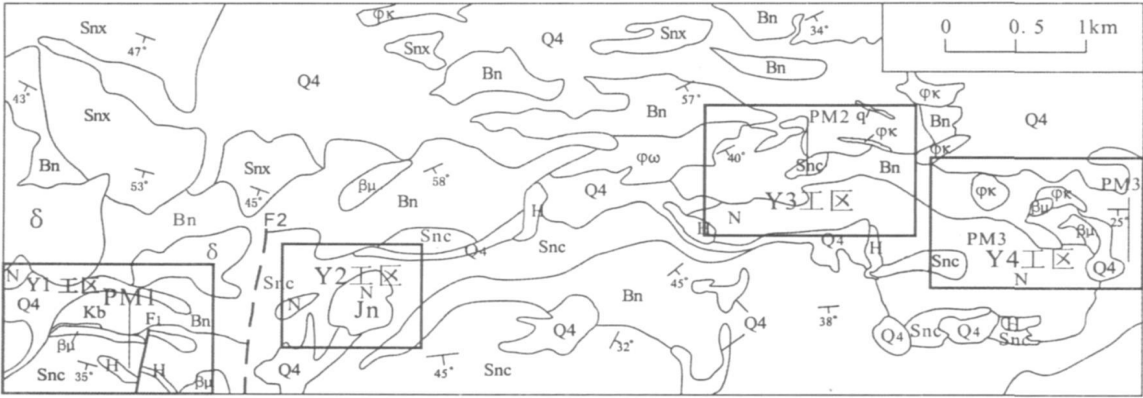


图 1 内蒙古自治区达茂旗克克齐铜矿区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the Kekeqi copper deposit in Damaoqi of Inner Mongolia Autonomous Region

Q—冲积物、风成砂土 Snc—凝灰质砂岩 Bn—凝灰质板岩 Snx—凝灰质细砂岩 H—灰岩 Jn—凝灰质角砾岩 N—凝灰岩 δ—闪长岩 βu—玄武岩 φκ—超基性岩风化壳 φω—蛇纹岩 q—石英脉 Kb—矿化蚀变带 PM2—激电中梯法测量剖面及编号

2 矿区及矿体地质特征

克克齐矿区出露地层为石炭系上统本巴图组二岩段(C<sub>2</sub>b<sub>2</sub>),是一套以中基性火山熔岩、火山碎屑岩为主夹碎屑岩、碳酸盐岩建造的地层,岩性主要有凝灰质板岩、凝灰岩、凝灰角砾岩、蚀变玄武岩、凝灰质砂岩、钙质砂岩及灰岩等,在地层垂直序列上,按火山岩、火山碎屑岩与碎屑岩交替出现变化情况,矿区范围内可初步划分为三个火山喷发韵律。其中第二喷发期火山活动强度较大,演化较为完整,火山岩分布范围广,与硫化物成矿关系密切的玄武岩(辉绿岩)具气孔状、枕状构造。这说明,该矿区硫化物矿化为火山喷发—沉积作用所形成的。

克克齐铜矿的已知矿体出露于矿区西部,铜矿化体产于玄武岩(辉绿岩)中及其与凝灰质板岩围岩接触带附近。矿体产状与地层产状一致,主体产状:走向为近EW向,倾向为S,倾角为30°左右。地表圈定出铁帽体5个,规模大小不等,长度为30~160m,宽度为5

~30m,其中规模较大的为Fe<sub>1</sub>、Fe<sub>2</sub>号铁帽体,在Fe<sub>1</sub>、Fe<sub>2</sub>号铁帽体下部30m以下,有隐伏铜矿体的存在,控制的矿体长度为320m,矿体厚度为1.5~5m,最大厚度为7m,控制的延深为250m。主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿,非金属矿物主要有石英、绿泥石、辉石、高岭土及绢云母等。矿石结构为自形、半自形粒状结构;矿石构造为致密块状、浸染状构造。矿石中硫化物含量普遍较高,矿石品位:w(S)平均值为24.81%,最高为46.1%,最低为10.4%;w(Cu)一般为5%~6%,最高为8.55%,最低为0.5%。与成矿有关的围岩蚀变主要为高岭土化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化等。需要说明的是:在前人的工作中(1959年),该矿区铜矿找矿并非重点,故对已知铜矿体的规模并未查清楚,即在延伸(深)上还没有完全控制,换句话说,该矿区铜矿还存在着扩大储量规模的条件。本次工作将以已知铜矿体为进一步研究重点,总结成矿控矿规律,并以此为依托,拓展思路,力争通过对矿区诸多物探综合异常的检查评价,取得寻找大型的隐伏铜多金属矿床的突破。

3 地球物理特征

地质资料显示,黄铁矿与本地区铜矿化关系最为密切。以往物探资料表明,硫化矿物(黄铁矿)富集体上方均有明显的激电异常反映。因此,激电方法在本次铜矿普查中是有效的物探方法之一。

3.1 已知铜矿体上地球物理模型的建立

根据由已知到未知的原则,在激电测量工作投产前,首先在克克齐已知铜矿体(YI 矿区)上进行了激电中梯测量工作,目的是在已知铜矿体上建立地球物理模型,大致了解本区的铜矿体的电性特征,便于与其他地区获得的物探资料进行对比。该测量结果见图2。

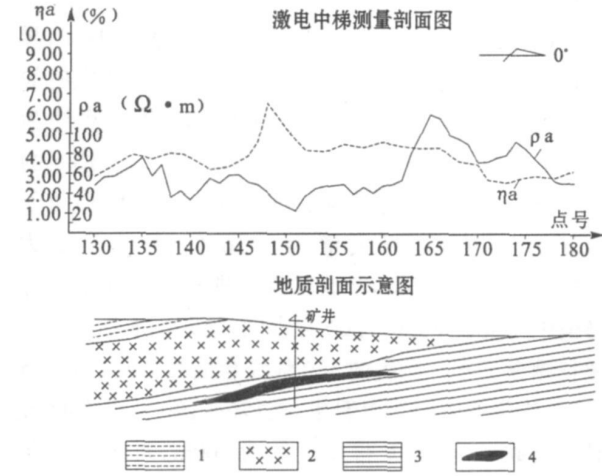


图2 克克齐已知铜矿区综合剖面图

Fig. 2 Comprehensive profile of the known copper deposit in Kekeqi

1—凝灰质砂岩 2—辉绿岩 3—板岩 4—黄铁矿化型铜矿体

从该剖面图可以看出,极化率(η)异常明显,η峰值位置与铜矿体在地表的投影位置基本吻合,矿体倾向一侧曲线梯度小,对应矿体上方的142~165点间有明显的极化率异常显示,在147~152号点处,极化率值最高,其η峰值为6.0%;铜矿化体在视电阻率(ρ)曲线上表现为低电阻率背景的局部高电阻率特性,这是因为该区铜矿化体产于玄武岩(辉绿岩)中及与凝灰质板岩围岩接触带附近,由于铜矿化体硅化程度高而使视电阻率值升高所致。

同样地,在Y1工区η等值线平面图上(见图3),可以看出,克克齐已知铜矿体位于DJH-1异常带的左峰值区上,η峰值区与周围背景场有明显的差异。这一特征就为在本区投入激电法进行圈定含铜硫化物富集体的间接寻找矿提供了较好的地球物理前提。

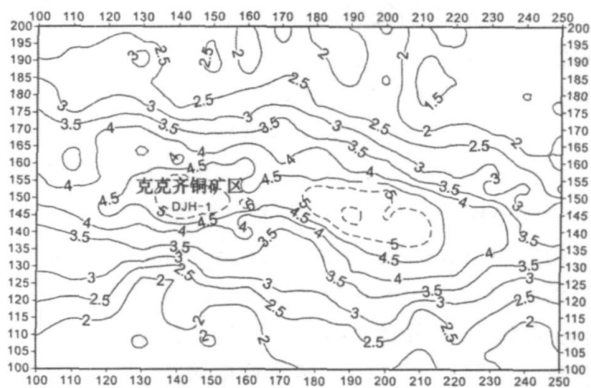


图3 Y1工区η平面等值线图

Fig. 3 Contour diagram of η plane in Y1 operating area

由以上分析认为,本区铜矿体地球物理特征表现为高极化率、低电阻率背景的局部高阻特征。这种地球物理异常特征有利与对本次其他工区获得的物探资料的分析,进而对寻找铜矿具有一定指导意义。

3.2 激电异常的圈定与划分

3.2.1 激电异常的圈定原则

根据克克齐已知铜矿体的激电特征,结合本区具体情况,对圈定激电异常的准则作如下规定:

(1) 异常具有一定的规模且连续较好,η曲线在相邻2~3条测线有异常显示,且每条测线上连续2~3个点的η值大于异常下限。

(2) 异常下限的确定:根据随机取样统计,取得区内不同背景区的背景值η,异常下限(Aη)按下列公式取得:

$$A\eta = \eta + 2M\eta$$

本次激电测量工作共分7个区块,较为分散,不同的区块取得不同的异常下限;本次工作一般以0.5%的等值线间隔勾绘η等值线,按上述激电异常的圈定原则,共圈出激电异常7处。

3.2.2 激电异常的划分

根据上述,对判定具有找矿意义激电异常的准则为:

异常处于成矿地质条件(具有克克齐铜矿体类似的地质特征)有利部位,矿化蚀变较好;激电中梯异常明显,具一定规模;激电测深异常明显,特征点清晰;其他物化探资料显示有明显异常的地段,并推断为含矿或有重要找矿意义的异常。按照上述判定准则,本次判定具有找矿意义的激电异常有4个,它们分别是DJH-1、DJH-3、DJH-4、DJH-6。

3.3 激电异常特征(具有找矿意义的激电异常)及异常源分析

3.3.1 Y1 矿区

该区圈定了一处激电异常带,编号为DJH-1,异常背景值一般在1.5%~3.5%间,以4.5%圈定的等值线范围近似长椭圆形,走向为近EW向,长轴长度约为800m,短轴长度约为250m,以5.0%圈定的等值线范围为分开的双峰值区段。左峰值区段在148/140点附近,右峰值区段在144/190点附近,η极大值分别为6.15%、5.73%。异常衬度值为2.0。左峰值区段位置对应于克克齐已知铜矿体,应为地下隐伏含硫化物较多的铜矿体引起,说明物探与地质资料相符合。右峰值区段与左峰值区段的异常形态、幅值等激电特征十分类似,又在同一走向上,具备有利的成矿地质条件。为此,在190线,投入剖面性激电中梯和测深工作,拟对右峰值区段异常的含矿性作进一步的研究工作。

由190线综合剖面图(图4)所示,在143~155号点之间,右峰值区段η异常明显,异常宽度为120m左右,对应于η异常,在ρ断面图上也显示了明显的视电阻率变化梯度带。从得到的ρ拟断面图上等值线变化特征可以看出,该高极化体向南倾斜,倾角平缓。

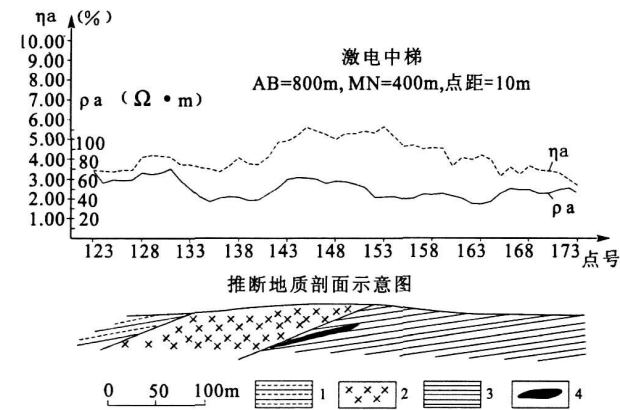


图4 Y1 矿区DJH-1异常190线综合剖面图  
Fig.4 Comprehensive profile of DJH-1 anomaly on Line 190 in Y1 ore field  
1-凝灰质砂岩 2-辉绿岩 3-板岩 4-推测黄铁硫化物富集体

化探资料显示,对应DHJ-1异常的右峰值区段位置的东北边部有化探次生晕异常反映,该化探异常有明显的浓集中心,w(Cu)极大值为2000×10<sup>-6</sup>。且在该异常的北部有低缓磁异常显示,其幅值在100~400γ之间,应为隐伏的基性火山岩(辉绿岩)引起,辉绿岩体与本区成矿关系密切,所以说,该异常

地段含矿性较好。

地表地质检查工作发现,在右峰值区段中心的136~142/190之间,出露的地层岩性大部分为辉绿岩体,在岩体南侧的围岩为凝灰质板岩,具有与克克齐已知铜矿体相同的地质条件,地表未发现有矿化蚀变现象。

综上所述而认为,DJH-1号激电异常可能是地下隐伏硫化物富集体引起的,该异常的左峰值区段已为克克齐已知铜矿体所验证,该异常的右峰值区段获得的物、化探资料与克克齐已知铜矿体相类似,且地质成矿环境一致,所以,该异常地段具备一定的寻找铜矿的前景。

3.3.2 Y3 矿区

该区圈定了一处激电异常带,编号为DJH-3,异常背景值一般在1.5%~4.0%间,以4.5%圈定的等值线呈条带状,走向为近EW向,东西长度约为1.5km,南北长度在200~400m之间,以6.0%圈定的等值线呈椭圆形,范围为200m×150m,η峰值位于175/580号点,η极大值为7.15%。异常衬度为2.5%。为了对该异常的含矿性作进一步的研究,在η峰值中心580线150~200号点间,投入剖面性激电中梯和测深工作。测得的580线综合剖面如图(图5)所示,从该剖面图上可以看出,在170~190号点之间,η异常反映明显,异常带宽度约为200m,对应与η异常,在ρ断面图上显示为明显的低阻反映。从ρ拟断面图上的等值线变化特征可以看出,该高极化体向南倾斜,倾角平缓。

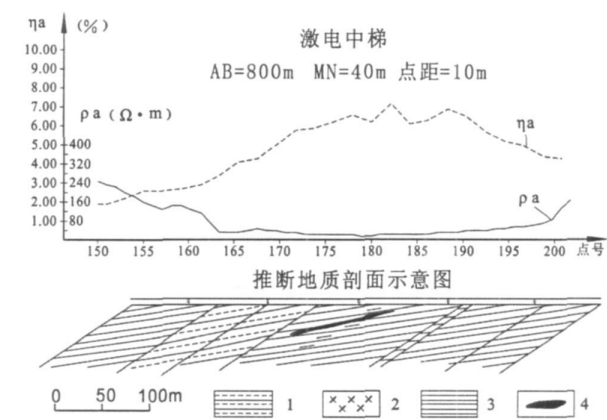


图5 Y3 矿区DJH-3异常580线综合剖面图  
Fig.5 Comprehensive profile of DJH-3 anomaly on Line 580 in Y3 ore field  
Q-第四系 1-凝灰质砂岩 2-辉绿岩 3-凝灰质板岩 4-推测硫化物富集体

地表地质检查工作发现,该异常区大部为第四系地层覆盖,仅在177/580号点附近发现有蚀变岩出露,有十分强烈的褐铁矿化、高岭土化、硅化、绿泥石化等蚀变,成矿地质条件有利。

综上所述,该激电异常可能是地下隐伏硫化物富集体引起的,其明显受一近EW向断裂的控制,由于该断裂构造运动的作用,因此,铜或其他金属易在断裂附近形成富集。该异常幅值高,地质检查发现,该异常地段与成矿有关的蚀变现象明显,所以,该异常地段具有较好的寻找铜矿的前景。

### 3.3.3 Y4矿区

该区圈定的激电异常带编号为DJH-4,位于哨所训练场的东部,异常背景值一般在2.0%~4.0%间,以4.5%圈定的等值线范围近似纺锤状,走向为近EW向,东宽西窄,长度约为500m,宽度为200~300m。 $\eta$ 峰值位于140/840号点, $\eta$ 极大值为7.32%。异常衬度为2.5。为了对该异常的含矿性作进一步的研究,在840线120~170号点间投入剖面性激电中梯和测深工作。

测得的840(PM3)线综合剖面图如图(图6)所示,从该剖面图上可以看出,在130~150号点之间, $\eta$ 异常反映明显,异常带宽度约为200m,对应与 $\eta$ 异常,在 $\rho$ 断面图上显示为电阻率梯度变化带。从 $\rho$ 拟断面图上等值线变化特征可以看出,该高极化体向南倾斜,倾角平缓。

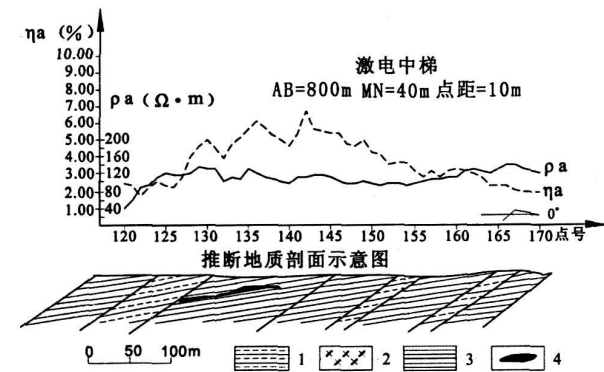


图6 Y4矿区DJH-4异常840线综合剖面图

Fig. 6 Comprehensive profile of DJH-4 anomaly on Line 840 in Y4 ore field

1-凝灰质砂岩 2-辉绿岩 3-凝灰质板岩 4-推测硫化物富集体

地表地质检查工作发现,该异常区出露的岩性为交替出现的凝灰质板岩与凝灰砂岩,倾向S,未见蚀变矿化现象。仅在该异常的西部800线150号点附近

见褐铁矿化现象。

综合分析认为,该激电异常可能是地下隐伏硫化物富集体引起,明显受一近EW向断裂的控制,成矿地质环境与Y3工区圈定DHJ-3异常一致。该异常带规模大,幅值高,衬度大,且具备有利的成矿地质环境,所以,该异常地段具有寻找铜矿的前景。

## 4 异常的评价及地质工程建议

通过上述对克克齐已知铜矿体上电性异常、地质特征的分析,结合本区圈定的异常,选择几处对铜成矿有利的激电异常进行评价,并且提出相应的验证建议。

### 4.1 DHJ-1异常

该异常带由东西两个峰值区段组成,异常的左峰值区段已为克克齐铜矿体所验证,异常右峰值区段处在辉绿岩体与凝灰质板岩的接触带附近,具有克克齐铜矿体相同的成矿地质条件。建议对异常进行钻探验证工作,设计验证孔位ZK1,钻孔位于190线144点,根据该点的 $\eta$ 测深曲线(见图4)转折点对应的AB/2距离,推断极化体顶板埋深约为50m左右,设计的钻孔深度为150m。

### 4.2 DHJ-3异常

该异常带规模大,强度高,衬度大,资料显示,该异常明显受近EW向断裂带控制。所处位置大部分被第四系地层所覆盖,仅有零星岩石露头,野外地质检查时发现,岩石露头的矿化蚀变现象十分普遍,主要蚀变类型有褐铁矿化、高岭土化、硅化、绿泥石化等,均与本地区铜矿蚀变成矿有关。所以认为,该异常成矿地质条件十分有利。建议在该异常带的异常中心进行地质验证工作,该异常中心位于580线178点,根据该点的 $\eta$ 测深曲线(见图5)转折点对应的AB/2距离,推断极化体顶板埋深约为15~20m,地质工作可先进行浅井工作,待取样分析后,根据化验结果情况,再作钻探地质工作的设计。

### 4.3 DHJ-4异常

综合分析认为,该异常带与DJH-3异常带的异常特征、成矿地质条件基本一致,受同一条断裂成矿带控制,具有成矿的有利地质条件。建议在该异常的异常中心倾向方向840线134点和132点进行地质钻探工作,钻孔编号为ZK2和ZK3。根据该点的 $\eta$ 测深曲线(见图6)转折点对应的AB/2距离,推断极化体顶板埋深约为40m,钻探地质工程进行时,可结合地质资料对钻孔位置及深度进行适当调整。

#### 4.4 异常验证

根据物探工作圈定的异常,今年我队首选克克齐矿区已知矿体东延部分 DJH-1 异常进行钻孔验证工作,在垂深 76.30~86.90m 处,见到了真厚度为 9.06m、 $w(\text{Cu})$  平均值为 0.87% 的铜矿体。随即对其进行坑道(斜井)验证,目前控制矿体宽度约 80m,走向延长控制长度约 120m,矿床规模已凸显,获得了很好的找矿效果。

### 5 结论

(1) 克克齐铜矿区成矿地质背景优越,找矿潜力巨大,自然经济地理环境优越、找矿方法有效,找矿进展明显。

(2) 找矿远景巨大。利用激电中间梯度装置进行面积普查,共圈出具有找矿地质意义的激电异常 5 处,分别为 DJH-1、DJH-3、DJH-4、DJH-6、DJH-7-1。由于受资金和工期的限制,我队今年仅对克克齐已知矿体东延部分 DJH-1 异常进行了钻孔验证工作,在 76.30~86.90m 处,发现真厚度为 9.06m 的铜矿体的存在,且铜平均品位为 0.87%。通过施工斜井工程,目前控制的矿体宽度为 80m 左右。该验证的矿体和已知矿体相连后,探求的铜资源量(333)+(334?) 为 9 万多吨。另外,该区还有众多待查证的异常及其矿化集中区,其资源潜力巨大。若加大工作力度,则有望在找矿上取得重大突破。

(3) 找矿方法有效、找矿进展明显。通过新一轮地质勘查工作,已形成有效的铜矿(黄铁矿型铜矿)找矿的方法组合,在已往工作程度极低的前提下,经过不长时间(仅仅一年),不但证实了已知矿体东延部分铜矿的存在,而且扩大了已有矿体的规模,同时新发现了一批有望异常的存在。

(4) 克克齐铜矿区勘查成果是近几年来取得的为数不多的一个重要成果,极有必要继续开展该区铜矿的勘查工作,以建立国家级铜矿战略接替基地。

(5) 综合找矿方法的运用及其成果显著。本区铜矿体地球物理特征表现为高极化率和低电阻率背景下的局部高阻特征。在上述综合研究的基础上,按照新的找矿思路,采用地质、物探激电、钻探综合找矿方法,重点加大对克克齐已知铜矿体东延部分的勘查工作,从而发现了新的与已知矿体相类似的隐伏黄铁矿型铜矿体的存在(可能为已知矿体东延部分),取得了找矿实质性进展。

#### 参考文献:

- [1] 杨发亭,杨卫东,郝通顺,等.克克齐—东道乌素矿区铜矿地质普查报[R].内蒙古自治区有色地质勘查局五一二队,2005.10.
- [2] 李峰,李同志,王洪军,等.克克齐—东道乌素铜矿区铜矿物探普查成果报告[R].山东省物化探勘查院,2005.8.
- [3] 吴道夫,郭联川,朱绅玉,等.1:20 万区域地质调查报告、桑根达来幅(地质、矿产部分)[R].内蒙古区域地质调查队,1980.12.
- [4] 姜琼,曲丽莉.我国铜矿类型特征及找矿问题[J].内蒙古有色地质,1990,2:6-9.

## Geological and geophysical characteristics of the copper deposit in Kekeqi area and its prospecting perspective

HU Ping

(No.512 Team of Nonferrous Metals Geo-exploration Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region, Baotou 014040, China)

**Abstract:** The copper deposit in Kekeqi ore area occurs separately in marine pyroclastic sedimentary rocks of the second rock section in the Benbatu Formation of Middle Carboniferous and the second rock section in the Amushan Formation of Upper Carboniferous with its surface in the form of an iron cap and the rock being limonitization as well as some malachite being found in the exploratory trench. The genesis type of this copper deposit belongs to marine volcanic type. A distinct anomalous reaction of induced electronic survey on the upper side of the underground copper ore body has been detected, which is a favourable indicator for prospecting copper ore body occurred in marine pyroclastic stratum of this area. In this article, the geological background of the region where the copper deposit is located, and the geological characteristics of the ore area and deposit (ore body), along with the geophysical characteristics are discussed with an elementary analysis of the condition and factors of inducing anomaly caused by minerals, as well as the evaluation of the anomaly being referred too. In addition some prospecting proposal has also been suggested in this article.

**Key Words:** copper deposit, prospecting perspective, geological characteristics, geophysical characteristics, Kekeqi